

ARESTER SEBAGAI SISTEM PENGAMAN TEGANGAN LEBIH PADA JARINGAN DISTRIBUSI TEGANGAN MENENGAH 20KV

Tri Cahyaningsih, Hamzah Berahim, Subiyanto

ABSTRAK

Tegangan lebih adalah tegangan yang hanya dapat ditahan untuk waktu yang terbatas. Tegangan lebih petir merupakan tegangan lebih aperiodik yang disebabkan karena sebab luar (*External Over Voltage*).

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah arester jenis oksida logam (ZnO) dengan tegangan dasar 20 KV tipe POLIM-D 20 N buatan perusahaan ABB Swiss dan arester dari bahan keramik dengan tegangan dasar 18 KV buatan USA.

Hasil pengujian yang diperoleh memperlihatkan bahwa arester polimer lebih konsisten dalam melakukan pemotongan tegangan impuls petir dan pemotongan tegangan impuls petir pada arester polimer cenderung lebih stabil, yaitu ditunjukkan dengan grafik yang linier. Sedangkan untuk arester keramik pada awalnya pemotongan yang dilakukan sangat kecil namun pada pengujian ketiga dan keempat menunjukkan hasil yang lebih baik.

Kata kunci : Tegangan Lebih, Arestor, Tegangan Impuls Petir.

A. Pendahuluan

Dalam sistem tenaga listrik sering terjadi gangguan yang dapat mengakibatkan terhentinya pelayanan daya listrik sebagian atau seluruhnya. Penyebab utama dari gangguan tersebut dapat disebabkan oleh beberapa faktor antara lain, adanya hubung singkat dengan kawat tanah, dua kawat fasa ke tanah atau hubung singkat tiga fasa sehingga terjadi kenaikan tegangan lebih yang melampaui tingkat ketahanan isolasi.

Di dalam operasi penyaluran tenaga listrik mungkin terjadi tegangan lebih yang ditimbulkan oleh surja petir yang menyebabkan penembusan pada isolasi, misalnya : isolator, bushing, transformasi, kabel, serta peralatan lainnya.

Petir merupakan percikan bunga api yang sangat besar (potensial yang sangat besar) disebabkan oleh muatan listrik antara awan terhadap bumi. Apabila petir menyambar jaringan listrik maka energi kilat yang terhimpun pada konduktor yang tersambar mengakibatkan naiknya tegangan pada sistem.

Untuk melindungi peralatan dari kerusakan yang ditimbulkan oleh surja petir maka dibutuhkan arester. Arestor bersifat sebagai *by-pass* di sekitar isolasi yang membentuk jalan yang mudah dilalui oleh arus kilat ke sistem

pentanahan sehingga tidak menimbulkan tegangan lebih dan tidak merusak isolasi peralatan listrik.

Rumusan Masalah

Sistem tenaga listrik pada saat beroperasi sering mengalami gangguan, yang dapat mengakibatkan terganggunya pelayanan penyaluran daya energi listrik kepada konsumen. Gangguan tersebut sering terjadi pada jaringan distribusi tegangan menengah 20 KV yang disebabkan tegangan lebih yang ditimbulkan oleh beberapa faktor seperti sambaran petir, sehingga dengan permasalahan gangguan tersebut maka penulis mencoba membandingkan sistem kerja dari dua jenis arester yang berbeda yaitu arester polimer dan arester keramik, sebagai sistem pengaman tegangan lebih pada jaringan distribusi tegangan menengah 20 KV.

Berdasarkan pada uraian di atas maka permasalahan yang akan diteliti adalah seberapa besar kemampuan dari dua jenis arester (polimer dan keramik) dalam melakukan pemotongan terhadap berbagai variasi tegangan lebih yang terjadi karena surja petir. Pada penelitian yang dilakukan di Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi UGM, sambaran petir diganti dengan tegangan impuls.

Batasan Masalah

Penulis dalam hal ini menitikberatkan pembatasan masalah pada :

1. Besarnya potongan dari arester polimer terhadap variasi tegangan impuls.
2. Besarnya potongan dari arester keramik terhadap variasi tegangan impuls.
3. Perbandingan besarnya potongan terhadap variasi tegangan impuls petir dari kedua jenis arester (arester polimer dan arester keramik).
4. Hanya menitik beratkan pada kinerja arester.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian skripsi ini adalah untuk mengetahui atau menganalisa seberapa besar kemampuan dari arester polimer dan arester keramik dalam melakukan pemotongan terhadap tegangan lebih yang diakibatkan oleh adanya gangguan surja petir, pada jaringan distribusi tegangan menengah 20 KV.

Tinjauan Pustaka

Tegangan Lebih

Tegangan lebih adalah tegangan yang hanya dapat ditahan untuk waktu yang terbatas. Tegangan lebih petir merupakan tegangan lebih aperiodik yang disebabkan karena sebab luar (*External Over Voltage*).

Petir merupakan muatan listrik di udara, yang terjadi :

1. Di antara awan-awan,
2. Antara pusat-pusat muatan di dalam awan tersebut,
3. Antara awan dan tanah.

Lebih banyak pelepasan muatan (*discharge*) terjadi antara awan-awan dan di dalam awan itu sendiri dibandingkan pelepasan muatan yang terjadi antara awan ke tanah, tetapi petir awan tanah ini sudah cukup besar untuk dapat menyebabkan terjadinya kerusakan pada benda-benda di permukaan tanah.

Petir merupakan proses alam yang terjadi di atmosfer pada waktu hujan (*thunder storm*). Muatan akan terkonsentrasi di dalam awan atau bagian dari awan, dan muatan yang berlawanan akan timbul pada permukaan tanah di bawahnya.

Jika muatan bertambah, beda potensial antara awan dan tanah akan naik, maka kuat

medan di udarapun akan naik. Jika kuat medan ini melebihi kuat medan di antara awan-awan tersebut maka akan terjadi pelepasan muatan.

Kuat medan yang diperlukan untuk memulai aliran (*streamer*) adalah $E_B = 10 - 40 \text{ kV/m}$, pada awan yang mempunyai ketinggian 1-2 km di atas tanah dapat menghasilkan tegangan 100 MV.

Melihat bahaya yang ditimbulkan akibat adanya sambaran petir pada sistem tenaga listrik pada umumnya dan peralatan pada khususnya, maka perlu diketahui cara masuknya petir pada peralatan sistem tenaga listrik sehingga dapat ditentukan sistem dan peralatan pengamannya. Hal ini harus diperhatikan mengingat tegangan lebih yang ditimbulkan oleh surja petir dapat melebihi kekuatan isolasi peralatan yang dapat menyebabkan lompatan api (*flashover*).

Pengertian Arestor

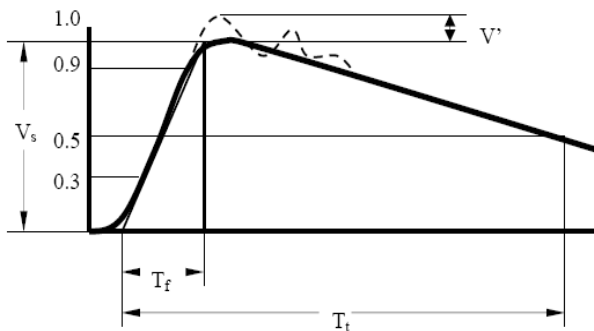
Arestor adalah alat proteksi bagi peralatan listrik terhadap tegangan lebih, yang disebabkan oleh surja petir atau surja hubung (*switching surge*). Alat ini memiliki sifat *by-pass* di sekitar isolasi yang membentuk jalan dan mudah dilalui oleh arus kilat ke sistem pentanahan sehingga tidak menimbulkan tegangan lebih yang tinggi dan tidak merusak isolasi peralatan listrik

Pada keadaan normal arester bersifat sebagai isolator, namun apabila terjadi tegangan surja alat ini berubah fungsi yaitu bersifat sebagai konduktor yang tahanan relative rendah, sehingga dapat mengalirkan arus yang tinggi ke tanah. Setelah surja hilang, arester harus dapat dengan cepat kembali menjadi isolasi. Apabila tegangan lebih surja datang melewati terminal arester akan terpotong dengan berubahnya arester sebagai konduktor dan mengalirkan tegangan lebih tersebut ke tanah. Tegangan sisi akan terus merambat menuju terminal peralatan yang diproteksi. Pembangkitan Tegangan Impuls

Tegangan impuls diperlukan dalam pengujian tegangan menengah akibat tegangan lebih dalam dan luar serta untuk meneliti mekanisme tembus. Umumnya tegangan impuls dibangkitkan dengan melucutkan muatan

kapasitor tegangan menengah (melalui sela bola) pada suatu rangkaian resistor dan kapasitor.

Nilai puncak dari tegangan impuls dapat ditentukan dengan bantuan sela ukur atau dengan rangkaian elektronik yang dikombinasikan dengan pembagian tegangan. Alat ukur tegangan impuls yang dipakai adalah *oscilloscope* sinar katoda yang memungkinkan penentuan nilai-nilai sesaat melalui pembagian tegangan.



Gambar 1. Bentuk tegangan impuls

Dimana ;

- V_s : tegangan puncak
 T_t : ekor gelombang = 50 μs
 T_f : muka gelombang = 1,2 μs
 V' : kelebihan tegangan $\pm 0,05 \times V_s$

Bentuk gelombang impuls standar yang digunakan menurut gambar di atas adalah standar dari IEC yaitu 1,2 x 50 μs , sedangkan dalam penelitian yang digunakan adalah gelombang impuls menurut standar Jepang yaitu 1 x 40 μs , karena peralatan yang dipergunakan adalah berasal dari Jepang.

Gelombang penuh adalah gelombang yang tidak terputus karena lompatan api atau tembusan (*puncture*), mempunyai waktu muka gelombang T_f (μs) dan waktu sampai setengah puncak T_t (μs). gelombang ini dinyatakan dengan sandi $\pm (T_f \times T_t)$ μs , dengan polaritasnya sekaligus. Bentuk gelombang standar menurut IEC adalah $\pm (1,2 \times 50 \mu sec)$. Besarnya (*amplitude*) osilasi frekuensi tinggi (V') pada muka gelombang menurut standar IEC harus kurang dari 5% dari harga puncak di sekitar puncak.

Standar-standar Jerman dan Inggris menetapkan $T_f \times T_t = 1 \times 50 \mu s$. IEC merekomendasikan = 1,2 x 50 μs . Amerika

Serikat mempunyai standar 1,5 x 40 μs . Standar gelombang impuls Jepang (JIS) 1 x 40 μs . Toleransi untuk muka dan ekornya adalah masing-masing : Jepang 0,5-2 μs dan 35-50 μs , Inggris 0,5-1,5 dan 40-60 μs , dan Amerika Serikat 1,0-2,0 dan 30-50 μs .

Untuk surja hubung (*switching surge*), bentuk gelombangnya adalah 50-1000 μs (terutama 100-300 μs) untuk muka, dan sekitar 3000 μs untuk ekor.

B. METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi Jurusan Teknik Elektro Universitas Gajah Mada.

Hari / Tanggal : Senin - Sabtu, 22 - 27 Agustus 2005

Bahan dan Alat yang digunakan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah arester jenis oksida logam (ZnO) dengan tegangan dasar 20 KV tipe POLIM-D 20 N buatan perusahaan ABB Swiss dan arester dari bahan keramik dengan tegangan dasar 18 KV buatan USA.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah peralatan yang disediakan oleh Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi Jurusan Teknik Elektro UGM, antara lain adalah : Satu unit generator impuls buatan, *Testing Transformer, Silicon Rectifier and Insulation Base, DC Voltage Multiplier, Capacitor, Resistance Divider, Oscilloscope* Le Croy 9354 AL, *Control Board*, Untai Trigger, Kamera Digital

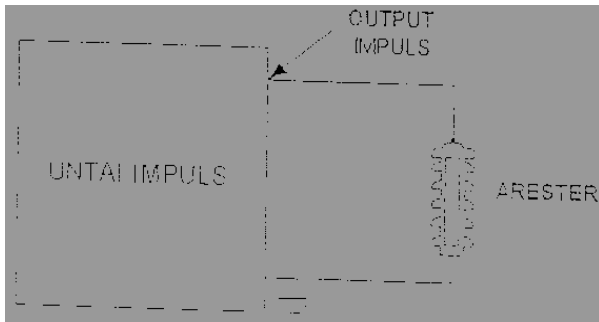
Rangkaian Pengujian Arestor

Pengujian arester menggunakan rangkaian pengujian impuls terdapat pada gambar 6, dan beberapa alat yang dihubungkan, yaitu berupa satu set pembangkit tegangan tinggi DC, alat ini terdiri dari :

- 1) *Testing Transformer* buatan Tokyo Jepang dengan kapasitas 5 KVA
- 2) *Silicon Rectifier and Insulation Base* buatan Tokyo Jepang
- 3) *DC Voltage Multiplier*

- 4) *Capasitor* buatan perusahaan Marcon Tokyo Jepang,

Diagram blok pengujian arester diperlihatkan dalam gambar 2.



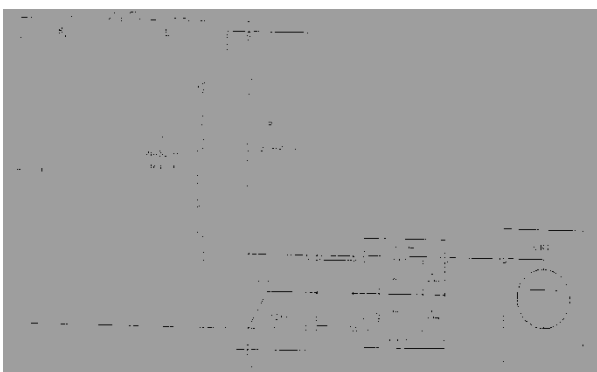
Gambar 2. Diagram blok pengujian

Pembagi Tegangan

Pembagi tegangan berfungsi untuk memperkecil tegangan, dalam hal ini agar tegangan yang masuk ke *oscilloscope* tidak melebihi dari kemampuan yang dimiliki oleh *oscilloscope* tersebut.

Ada dua buah pembagi tegangan pada peralatan pembangkit tegangan tinggi ini yaitu :

- 1) Nilai perbandingan input dan output pembagi tegangan pertama adalah :
 $(20990 + 74,5) : 74,5 = 282,7 : 1$
- 2) Pembagi tegangan kedua adalah :
 $(24,5 + 0,5) : 0,5 = 50 : 1$



Gambar 3. Rangkaian pembagi tegangan

Sedangkan apabila kedua pembagi tegangan telah terhubung maka tahanan 74,5 Ω pada pembagi tegangan I terhubung secara paralel dengan tahanan 75 Ω dari pembagi tegangan II, sehingga besarnya menjadi :

$$(74,5 \times 75) / (74,5 + 75) = 37,4 \Omega$$

Sehingga perbandingan tegangan secara keseluruhan adalah :

$$50 (20990 + 37,4) : (37,4) = 28100$$

Jenis Penelitian

Penelitian menggunakan metode penelitian eksperimen, yaitu suatu penelitian dimana peneliti sengaja membangkitkan suatu kejadian atau keadaan, kemudian diteliti bagaimana akibatnya. Dengan kata lain eksperimen adalah suatu cara untuk mencari hubungan sebab akibat antara dua faktor yang sengaja ditimbulkan oleh peneliti dengan menyisihkan faktor-faktor lain yang bisa mengganggu. Eksperimen selalu dilakukan dengan maksud untuk melihat akibat dari suatu perlakuan.

Jalan Penelitian

Langkah pertama adalah merangkai generator impuls dengan alat-alat yang diperlukan (sebut saja sebagai rangkaian generator impuls) untuk memperoleh variasi tegangan impuls yang dibutuhkan pada tiap-tiap percobaan. Kemudian mengeset dan mengkalibrasi *oscilloscope*, agar pada setiap percobaan dapat langsung tersimpan dalam memori dan hasil tampilan dari *oscilloscope* difoto dengan kamera digital (sebagai pengganti printer) bila telah sesuai dengan program yang diinginkan, dan baru hilang dari memori bila ditekan RUN.

Tampilan yang tertera pada layar *oscilloscope* seperti dalam hasil terdapat di halaman lampiran. Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Membangkitkan tegangan impuls dengan berbagai variasi tegangan, yang dimulai dari tegangan impuls 80 KV. Lalu dihubungkan dengan untai trigger. Kemudian dilakukan pengamatan pada layar *oscilloscope*, dan didapatkan tegangan *peak to peak*, yang kemudian di ambil gambar gelombangnya.
2. Menghubungkan rangkaian generator impuls dengan arester ZnO 20 KV tipe POLIM-D dan

diberi tegangan impuls 80 KV. Lalu dihubungkan dengan untai trigger. Kemudian dilakukan pengamatan pada layar *oscilloscope*, dan didapatkan tegangan *peak to peak*, yang kemudian di ambil gambar gelombangnya.

- Menghubungkan rangkaian generator impuls dengan arester keramik 18 KV dan diberi tegangan impuls 80 KV. Lalu dihubungkan dengan untai trigger. Kemudian dilakukan pengamatan pada layar *oscilloscope*, dan didapatkan tegangan *peak to peak*, yang kemudian di ambil gambar gelombangnya.
- Seperti langkah (1), (2) dan (3) tetapi variasi tegangan impulsnya di ubah-ubah masing-masing sebesar 100 KV, 120 KV dan maksimal sampai 140 KV.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Penelitian

Data yang diperoleh dari hasil penelitian terhadap uji kemampuan kedua arester dalam memotong tegangan impuls yang disajikan dalam bentuk tegangan *peak to peak* pada *oscilloscope* adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Tegangan *Peak to Peak* pada *Oscilloscope*

Tegangan Impuls (KV)	Tegangan <i>Peak to Peak</i> pada <i>Oscilloscope</i> (V)		
	Impuls	Polimer	Keramik
80	2,812	1,797	2,234
100	3,50	1,84	2,28
120	4,31	1,91	2,00
140	5,03	2,00	2,03

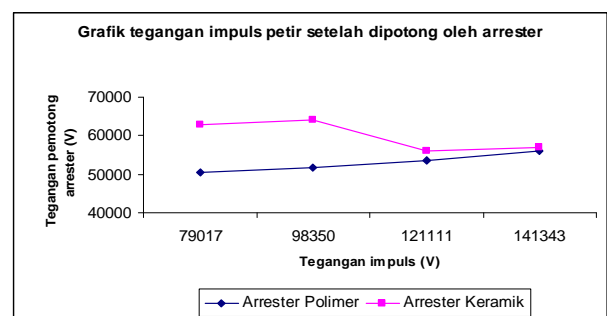
Pembahasan

Tegangan pada *oscilloscope* seperti pada tabel di atas merupakan tegangan yang telah diperkecil melalui rangkaian pembagi tegangan.

Tegangan sesungguhnya yang diperoleh dari masing-masing percobaan beberapa variasi tegangan impuls pada kedua jenis arester yang disajikan dalam bentuk tabel adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Tegangan impuls petir sesungguhnya setelah dipotong oleh arester

Tegangan Impuls (KV)	Tegangan Arestor Polimer (KV)	Tegangan Arestor Keramik (KV)
79,017	50,496	62,775
98,350	51,704	64,068
121,111	53,671	56,200
141,343	56,200	57,043



Gambar 4. Grafik tegangan impuls petir sesungguhnya setelah dipotong oleh Arestor

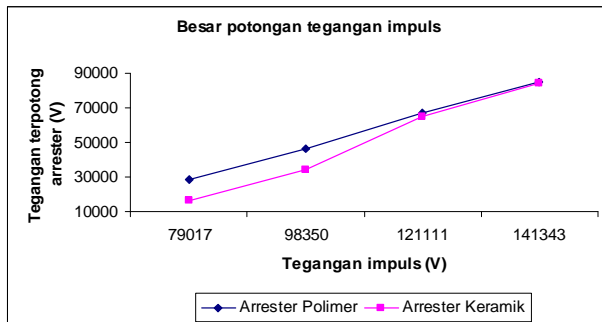
Berdasarkan Gambar 4. dapat diketahui bahwa arester polimer lebih konsisten dalam melakukan pemotongan tegangan impuls petir yaitu ditunjukkan dengan grafik yang linier. Hasil pemotongan tegangan impuls petir pada arester polimer cenderung lebih stabil, dan menghasilkan tegangan impuls petir yang lebih kecil.

Sedangkan pada arester keramik, hasil tegangan setelah dipotong tetap lebih besar dari yang dipotong oleh arester polimer meskipun pada pengujian ke tiga dan keempat menunjukkan hasil pemotongan yang lebih baik dari pengujian pertama dan kedua.

Berdasarkan hasil pengujian dari kedua arester, yaitu arester polimer dan arester keramik, maka besar potongan tegangan impuls petir dari masing-masing arester beserta besar prosentasenya adalah :

Tabel 3. Besar potongan tegangan impuls petir (%)

Tegangan Impuls (KV)	Perpotongan (KV)		Prosentase (%)	
	Polimer	Keramik	Polimer	Keramik
79,017	28,521	16,242	36,10 %	20,56 %
98,350	46,646	34,282	47,43 %	34,86 %
121,111	67,440	64,911	55,68 %	53,60 %
141,343	85,143	84,300	60,24 %	59,64 %



Gambar 5. Grafik besar potongan tegangan impuls

Berdasarkan Gambar 5. dapat diketahui bahwa besar potongan tegangan impuls petir oleh arrester polimer memiliki nilai yang lebih baik dibandingkan dengan menggunakan arrester keramik. Besar tegangan impuls petir yang terpotong oleh arrester polimer lebih besar dari arrester keramik. Dan besar tegangan impuls petir yang terpotong oleh arrester polimer selalu stabil sesuai kenaikan tegangan impuls petir yang diujikan.

D. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan di Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi Jurusan Teknik Elektro Universitas Gajah Mada, maka dapat di ambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Kinerja dari arrester jenis polimer lebih baik dibandingkan arrester jenis keramik, karena dari semua pengujian yang dilakukan arrester ini dapat memotong tegangan impuls lebih besar.
2. Arrester polimer lebih konsisten dalam melakukan pemotongan tegangan impuls petir dan pemotongan tegangan impuls petir

pada arrester polimer cenderung lebih stabil yaitu ditunjukkan dengan grafik yang linier.

3. Terdapat perbedaan besar pemotongan pada tegangan yang sama, untuk arrester jenis polimer maupun arrester jenis keramik, khususnya pada tegangan impuls 80 KV dan 100 KV.
4. Bentuk gelombang impuls setelah terpotong oleh arrester polimer berbeda dengan bentuk gelombang setelah terpotong arrester keramik, pada arrester polimer tidak ada arus susulan sedangkan pada arrester keramik terdapat arus susulan karena arrester ini tidak dapat memutus arus susulan.
5. Selama pengujian, kerja dari kedua jenis arrester dalam memotong tegangan impuls selalu berhasil dan tidak mengalami kegagalan sama sekali.

